

**BREVET D'INVENTION**

P.V. n° 864.788

N° 1.292.079

Classification internationale :

H 02 c

**Structure de contact pour interrupteur à vide.**

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON résidant en France (Seine)

Demandé le 13 juin 1961, à 15<sup>h</sup> 32<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 19 mars 1962.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 17 de 1962.)

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 15 juin 1960, sous le n° 36.373, au nom de M. Thomas Henry LEE.)

L'invention est relative à la structure des contacts des interrupteurs à vide, en particulier à un contact à glissement, bien que sous certains aspects elle s'applique aussi aux contacts en bout.

Jusqu'à ce jour, les contacts opposés d'un interrupteur à vide ont été établis de telle façon qu'il n'y ait pas ou peu de glissement entre les deux contacts. En d'autres termes les contacts sont en bout. Probablement la plus importante raison d'éviter les contacts glissants est que les surfaces des contacts doivent être extrêmement propres et un contact à glissement sur des surfaces propres, dans un vide élevé produit des écaillages ou des grippages entre les deux surfaces.

Il y a, cependant certaines combinaisons exceptionnelles de métaux qui ont une résistance élevée aux attaques ou écaillages même sous vide élevé entre surfaces propres, c'est-à-dire, des combinaisons de certains métaux qui ne sont pas miscibles, comme l'argent et le fer. Par suite de cette grande résistance au grippage de ces combinaisons de métaux, il est possible de réduire matériellement le grippage et l'écaillage dus aux contacts glissants, dans un interrupteur à vide, en formant l'un des contacts glissants en argent et l'autre en fer.

Même de tels contacts sont sujets à des difficultés de base, une telle difficulté résulte de la tendance des arcs à transférer du métal d'un contact à l'autre. Dans la disposition habituelle des contacts, le résultat éventuel du transfert du métal serait qu'après plusieurs opérations, le glissement entre les deux contacts se ferait sur un même métal de contact. Quand ces surfaces en un même métal glisseraient l'une sur l'autre le grippage et l'écaillage se présenteraient entre elle, si les dépôts constituant ces surfaces ont une épaisseur importante.

Une autre difficulté rencontrée avec deux contacts argent, fer dans un interrupteur à vide, est que ces contacts ont une tendance exagérée à la rupture brusque du courant, lorsque le courant à

couper est faible. Par rupture brusque de courant, on désigne la coupure subite et prématurée du courant passant dans l'arc entre les contacts, avant que le courant ne s'annule lui-même. Cette chute subite du courant, peut engendrer des tensions élevées aux bornes des appareils inductifs dans le circuit, et ces surtensions peuvent entraîner la destruction de l'appareil inductif.

Aussi, l'invention a pour objet, dans un interrupteur à vide, des contacts glissants capables d'être ouverts et fermés d'une façon répétée, dans un circuit alternatif, sans grippage ou écaillage et en plus sans production de courant excessif de rupture brusque aux faibles intensités de courant.

Dans une des formes de l'invention, les surfaces de glissement des deux contacts sont faites en matières non miscibles l'une dans l'autre. Ces contacts sont séparables pour couper les arcs entre des régions déterminées des surfaces de glissement. Les arcs au-dessus d'un courant donné, transfèrent une quantité appréciable de métal entre les contacts, mais on empêche que ce transfert de métal ne s'accumule sur les surfaces de glissement en quantité suffisante pour gêner le libre glissement, en prévoyant des moyens magnétiques qui éloignent efficacement ces gros courants d'arcs des surfaces de glissement et qui repoussent efficacement les vapeurs formées dans l'arc loin des surfaces de glissement. Dans la partie de chaque surface de glissement où l'arc s'amorce, la matière de contact comprend un métal ayant une pression de vapeur au moins égale à celle de l'étain à des températures dépassant 2 000 °K. Le métal à forte pression de vapeur est en quantité suffisante pour maintenir efficacement le courant de rupture brusque à moins de 4 ampères, même lorsque l'on coupe des courants dont la pointe est inférieure à 50 ampères. Les métaux à forte pression de vapeur pour les deux contacts sont différents et ne sont pas miscibles l'un avec l'autre et avec le constituant restant

de l'autre matière de contact. De plus, toutes les combinaisons possibles des constituants du contact opposé contiennent au moins un métal de sous-groupe B de la table périodique. De cette non-miscibilité avec les constituants des contacts opposés et de cette relation avec le sous-groupe B résulte une forte résistance avec grippage tandis que la pression élevée de vapeur maintient le courant de rupture brusque à une valeur acceptable. L'action des moyens magnétiques maintient intacte la grande résistance au grippage malgré les fonctionnements répétés de l'interrupteur. Un exemple caractéristique de contacts construits en matières ayant des exigences ci-dessus d'immiscibilité de sous-groupe B et de pression de vapeur élevée est en contact glissant dans lequel un des contacts est un alliage ou solution solide d'argent et de cadmium à 15 % de cadmium, et l'autre est un mélange de fer et de bismuth contenant 20 % de bismuth.

Dans un aspect plus large, l'invention est applicable aux contacts en bout aussi bien qu'aux contacts glissants. A ce point de vue la tendance des contacts en bout à se souder ensemble sous certaines conditions d'intensités de courants, est diminuée en formant les régions venant en contact avec les matières indiquées dans le paragraphe précédent et en prévoyant des moyens magnétiques pour conduire les arcs au-delà des surfaces de contact afin d'empêcher qu'une quantité appréciable de métal ne soit transférée par l'arc sur chacune des surfaces de contact du contact opposé.

L'invention sera mieux comprise en se reportant à la description ci-après et aux dessins qui l'accompagnent.

La figure 1 est une vue en coupe d'un interrupteur à vide contenant une structure de contact glissant réalisant une forme de l'invention.

La figure 2 est une vue à grande échelle d'une partie du contact glissant contenu dans l'interrupteur de la figure 1. Les contacts de la figure 2 sont représentés en position complètement fermée.

La figure 3 est une vue à grande échelle des contacts glissants dans la position où ils passent à l'instant approximatif où l'arc commence à s'étirer entre les contacts.

La figure 4 est une vue en coupe des contacts peu après leur écartement pendant une opération d'ouverture.

La figure 5 est une courbe représentant le phénomène de rupture brusque.

La figure 6 représente une disposition de contact en bout comportant certains aspects de l'invention.

En se reportant à la figure 1, on y voit une enveloppe 10 bien vidée, comprenant un boîtier 11 en matière isolante appropriée et deux chapeaux métalliques d'extrémité 12 et 13 fermant les extrémités du boîtier. Des scelllements 14 entre

les chapeaux d'extrémité et le boîtier rendent l'enveloppe 10 étanche.

Les surfaces isolantes internes du boîtier 11 sont protégées de la condensation des vapeurs métalliques formées dans l'arc par le blindage métallique tubulaire 15, supporté par le boîtier 11 et de préférence isolé électriquement de deux chapeaux d'extrémités 12 et 13. Le blindage intercepte de façon comme les vapeurs métalliques avant qu'elles n'atteignent le boîtier 11.

La pression normale dans l'enveloppe 10, dans les conditions statiques est inférieure à  $10^{-4}$  mm de mercure, et de préférence de l'ordre de  $10^{-5}$  à  $10^{-8}$  mm de mercure. De telles pressions donnent l'assurance que le libre parcours moyen des électrons émis par les régions à haute tension de l'interrupteur, n'est pas plus long que les trajets de claquage de la tension dans l'interrupteur.

A l'intérieur de l'enveloppe 10 est un jeu de contacts glissants séparables 40 et 41 représentés sur la figure 2 dans la position fermeture. La structure du contact 40 est du type à contact fixe en forme de douille et la structure du contact 41 est du type à fiche, mobile, venant au contact ou quittant le contact fixe 40 du type à douille. Le contact fixe 40 est supporté par une tige conductrice 43, partie intégrante de la plaque d'extrémité 12. Le contact à fiche, mobile 41 est brasé en 41a, sur une tige conductrice mobile longitudinalement, qui passe dans une ouverture faite dans la plaque inférieure 13. Un soufflet métallique 20 réalise le scellement entre la tige de commande 44 et la plaque 13 pour permettre le mouvement vertical de la tige sans détruire le vide dans l'enveloppe 10. Comme le montre la figure 1 le soufflet est fixé à ses extrémités à la tige de commande 44 et au chapeau d'extrémité 13.

A la tige de commande 44 sont accouplés les moyens de commande, non représentés, qui peuvent amener le contact mobile 41 vers le bas, hors du contact avec le contact fixe 40 de façon à ouvrir l'interrupteur, et qui peuvent ramener le contact 41 à la position représentée pour fermer l'interrupteur.

Pour brancher l'interrupteur dans le circuit, des bornes sont prévues en 23 et 24. La borne supérieure 23 est reliée électriquement au contact supérieur 40 par les éléments 12 et 43; et la borne inférieure 24 est reliée au contact mobile 41 par la tige de commande 44. Quand l'interrupteur est fermé le courant circule entre les bornes 23 et 24 à travers les contacts 40 et 41.

Le contact fixe 40 comprend plusieurs doigts 42 répartis autour de la tige fixe 43. Chacun des doigts 42 a une surface de pivotement 45 voisine de son extrémité supérieure et portant contre la tige support 43. Des ressorts de compression 46 placés entre le cylindre fixe 47 et les doigts 42 mettent

les surfaces de pivotement 45 en contact ferme avec la tige fixe 43 et poussent aussi les doigts 42 l'un vers l'autre. Une butée circulaire 50 à l'extrémité de la tige fixe 43, placée entre les doigts 42 limite le mouvement des doigts 42 les uns vers les autres lorsque les doigts ne sont plus en contact avec le contact à fiche 41. Le contact à fiche 41 passe télescopiquement entre les doigts 42, et quand l'interrupteur est fermé, comme dans les positions des figures 1 et 2, les ressorts 46 poussent les saillies 51 aux extrémités inférieures des doigts 42, en contact ferme pour conduire le courant, avec la périphérie extérieure de la fiche de contact 41. Ainsi, le courant circule dans l'interrupteur suivant un trajet conducteur allant de la tige 43 à travers les doigts 42 jusqu'au contact à fiche 41.

En se reportant aux figures 1 et 2, on remarquera que le contact mobile à fiche 41 porte une rainure circulaire continue 52 formée dedans suivant sa longueur. Cette rainure 52 s'étend depuis la partie inférieure du contact 41, sur une distance allant au delà des points où les doigts 42 appuyent sur le contact 41, obligeant ainsi le courant circulant à travers les contacts et suivant un doigt individuel 42, à suivre un chemin en S, représenté par la ligne pointillée S des figures 1 et 2. Ce chemin part de la tige 44 vers le haut, passe au sommet de la rainure 52, puis va radialement vers la partie tubulaire du contact 41 et ensuite passe par le point de contact, selon une boucle coudée vers le bas. On remarquera que la rainure 52 dépasse non seulement le point de contact représenté sur la figure 2, mais dépasse aussi le point sur la fiche de contact 41 où parvient le contact pendant l'ouverture de l'interrupteur. Ce point K sur la figure 2, correspond au point de prise de contact représenté sur la figure 3, où les contacts sont représentés juste avant l'instant de la prise de contact. Puisque la rainure 52 va au-delà du point K, on voit que le trajet S du courant contient encore la boucle tournée vers le bas passant par le point de contact à l'instant de la prise de contact. Dans certains cas, il est possible d'obtenir assez de la forme en boucle, même avec une rainure se terminant juste avant le point K, mais on préfère généralement que la rainure dépasse le point K comme sur la figure. L'importance de la forme de la boucle du trajet du courant apparaîtra bientôt.

Quand la fiche de contact 41 est descendue pour ouvrir l'interrupteur les doigts 42 du contact 41, glissent sur la surface extérieure de la fiche de contact 41 jusqu'à ce que la partie conique 53 de la fiche 41 arrive dans la position de la figure 3. Par suite des forces appliquées par les ressorts 46, vers le centre et par suite des forces magnétiques d'attraction poussant les doigts 42 les uns vers les autres, les doigts 42 restent au contact de la partie conique de la fiche 41 au cours

de l'ouverture de la fiche 41 juste avant l'arrivée dans la position de la figure 3. Mais aussitôt l'entrée de la fiche 41 dans la position de la figure 3, les doigts 42 rencontrent la butée 50, et le mouvement des doigts 42 vers l'intérieur est bloqué. Aussi le mouvement ultérieur vers le bas de la fiche de contact 41 passe de la position de la figure 3 à la position de la figure 4, amenant une partie de diamètre réduit du contact 41 en face des saillies 51 des doigts 42; l'ouverture de l'intervalle a lieu progressivement entre les doigts 42 et la fiche de contact 41, comme le représente la figure 4. L'arc qui s'amorce dans l'intervalle persiste jusqu'au moment environ où le courant atteint naturellement sa valeur zéro, après quoi il ne peut se réamorcer par suite de la grande rigidité diélectrique du vide d'où il en résulte la coupure du circuit. Le comportement de l'arc avant le passage par zéro du courant sera décrit plus loin en détail.

La fermeture de l'interrupteur est effectuée en ramenant la fiche de contact 41 progressivement des positions des figures 4 et 3 à la position de la figure 2. Cette fermeture, comme l'ouverture résulte du glissement des doigts de contact 42 sur la surface extérieure de la fiche de contact 41.

Jusqu'à ce jour, les contacts opposés d'un interrupteur à vide ont été établis de façon qu'il y ait peu ou pas de glissement entre les deux contacts. En d'autres termes, le contact était du type en bout. La raison la plus probable pour avoir évité les contacts glissants a été que le frottement de surfaces métalliques propres, dans un vide élevé produit ordinairement des écaillages ou des grippages destructifs entre les deux surfaces. A ce point de vue, même les surfaces les plus polies contiennent des saillies microscopiques, et quand une des surfaces glisse sur l'autre, ces saillies viennent en contact et on tendance à se souder. Dans un interrupteur à vide, comme celui décrit, ces saillies sont exemptes de toute couche de surface et sont complètement nues, ce qui augmente fortement la tendance de ces saillies à se souder ensemble et à présenter des coefficients de frottement extrêmement élevés.

Malgré les coefficients de frottement élevés qui existent ordinairement entre des surfaces de glissement propres dans un vide élevé, il existe certaines combinaisons de métaux entre lesquels il règne un faible coefficient de frottement, même dans les conditions extrêmes, telle est la combinaison de l'argent et du fer. L'explication de ce faible coefficient de frottement pour une combinaison particulière telle que l'argent et le fer est basée sur le fait que les métaux de ces combinaisons ne sont pas miscibles pratiquement l'un avec l'autre aux températures à l'état solide et qu'au moins un des métaux fait partie du sous-groupe B de la table périodique. Par exemple, l'argent et le fer, ne sont pas nuisibles, et l'argent est un métal du sous-groupe B.

Cette non-miscibilité aide à diminuer la tendance à former des jonctions soudées entre les pointes des irrégularités de surface et de plus, aide à affaiblir les jonctions formées. Le sous-groupe B contribue d'une façon importante à la faiblesse des jonctions formées parce que la liaison entre les métaux du sous-groupe et les autres a tendance à être moins métallique et par suite à être plus fragile et plus faible que la liaison entre les métaux du sous-groupe A. C'est parce que les jonctions entre métaux non miscibles sont relativement peu solides et peu nombreuses, que l'on suppose que l'un des métaux fait partie du sous-groupe B, de telles jonctions peuvent être facilement cisailées à la surface de séparation des saillies et par suite ne peuvent créer une résistance de frottement excessive.

Du point de vue faible coefficient de frottement entre les métaux non miscibles tels que l'argent et le fer, il est possible de réduire matériellement l'écaillage et le grippage des contacts glissants dans le vide, en réalisant un des contacts glissants en argent et l'autre en fer.

Même de tels contacts sont sujets à un nombre de difficultés de principe. Une de ces difficultés est que l'axe a tendance à transférer du métal d'un contact à l'autre, avec comme résultat qu'après plusieurs opérations de glissement entre les deux contacts, le contact se comporte comme un contact entre deux mêmes métaux. Quand ces surfaces de même métal glissent l'une sur l'autre, le grippage et l'écaillage se présentent entre les deux surfaces si les dépôts formant la surface ont une épaisseur notable. Dans la réalisation de l'invention, on a surmonté ce problème en obligeant tous les arcs, même ceux à faibles courants, à quitter les régions de glissement des contacts avant qu'ils ne puissent amener une quantité notable de métal transféré à s'accumuler sur les surfaces de glissement. Cela se fait en comptant sur l'effet magnétique de la partie, en boucle orientée vers le bas, du trajet en S du courant dans la région d'amorçage de l'arc comme le montre la figure 3. L'effet magnétique de ce trajet en boucle est d'allonger la boucle et ainsi de conduire l'arc vers le bas et radialement hors de la région où l'arc s'est amorcé. Plus le courant est intense, plus sera importante la force de déplacement de l'arc. Ainsi les arcs avec courant élevé ou moyen sont rapidement poussés vers l'extérieur, traversalement, aux positions indiquées par les lignes pointillées de la figure 4, vers les régions extérieures des contacts 40 et 41. Seuls les arcs de faible courant, au-dessus de 100 ampères, resteront en arrière dans la région immédiatement voisine du point d'amorçage. Ces arcs restent en arrière parce qu'avec les courants faibles, les forces magnétiques sur l'arc sont faibles et insuffisantes pour déplacer l'arc d'une distance appréciable avant que le courant n'atteigne sa valeur zéro. Permettre

aux arcs de faible intensité de rester au voisinage du point d'amorçage n'est pas un désavantage important puisqu'un arc de faible intensité transfère une quantité insuffisante de métal entre les contacts pour gêner matériellement la libre action de glissement entre les contacts au cours des opérations de fermeture et d'ouverture.

Une autre difficulté rencontrée avec les contacts de coupure en argent et fer, dans un interrupteur à vide, est que, pour la plupart, des applications ces contacts ont tendance à couper brusquement le courant, c'est-à-dire obligent le courant circulant dans l'arc à tomber brusquement et prématurément à zéro avant qu'il n'ait atteint naturellement cette valeur zéro. Dans les coupures de courant intense ou moyen, par exemple au-dessus de 500 ampères, l'arc persiste jusqu'à ce que le courant atteigne naturellement sa valeur zéro. Mais pour les courants peu intenses, l'arc ne persiste pas toujours jusqu'à sa valeur naturelle zéro. L'interrupteur coupe l'arc habituellement avant sa valeur naturelle zéro et ainsi « rompt brusquement » le courant traversant les contacts, c'est-à-dire force le courant à tomber brusquement et prématurément à zéro avant d'atteindre sa valeur zéro naturellement.

Cette action de rupture brusque est représentée sur la figure 5, sur laquelle le courant  $i$  passant entre les contacts est donné en fonction du temps  $t$ . On suppose que les contacts se séparent pour établir un arc à l'instant B. L'arc se maintient jusqu'à l'instant O et le courant suit sa valeur naturelle jusqu'à cet instant. A ce moment O, cependant, le courant est contraint de tomber brusquement et prématurément à zéro avant que la valeur zéro soit atteinte naturellement. C'est cette action qui est désignée par rupture brusque. L'intensité du courant de rupture brusque est désignée par  $I_0$  et est appelée courant de rupture brusque.

Comme déjà signalé, ce changement subit de courant qui accompagne cette rupture brusque, induit dans tout appareil du circuit, une tension dont la valeur varie directement avec l'impédance caractéristique de l'appareil. Les appareils inductifs ont des impédances caractéristiques de l'ordre du millier et même de centaines de milliers de fois plus grandes que l'impédance caractéristique des charges capacitatives ou que les résistances simples usuelles. Si l'interrupteur à vide est utilisé dans un circuit avec de telles charges inductives, le courant de rupture brusque doit être maintenu à une très faible intensité si on veut éviter la formation de surtensions excessives.

Pour bien des charges inductives, le maximum de l'intensité de rupture brusque acceptable est de trois ampères et même deux ampères. La présente invention concerne surtout des interrupteurs à vide capables d'être appliqués à des charges inductives, telles que celles-là, et dans ses aspects les plus

larges, l'invention peut être utilisée dans des circuits où l'on peut tolérer des courants de rupture brusque légèrement plus intenses.

Dans le brevet français n° 1.234.383 déposé le 24 juillet 1959 par la compagnie demanderesse, on a exposé certains critères qui doivent guider le choix des matières capables de maintenir le courant de rupture brusque à des valeurs acceptables, même lors des coupures de pointes de courant inférieures à 50 ampères. Par exemple on y voit que le courant de rupture brusque peut être maintenu inférieur à 4 ampères, même lors des coupures des pointes de courants inférieures à 50 ampères, si la matière de la région d'amorçage de l'arc :

1° A une faible affinité chimique pour l'oxygène, comparativement à celle de l'aluminium, le magnésium et le calcium;

2° Est libérée des gaz sorbés et contaminants;

3° Comprend un métal ayant une pression de vapeur au moins égale à celle de l'étain aux températures dépassant 2 000 °K et une conductibilité thermique inférieure à celle du cuivre et de l'argent si le métal possède des caractéristiques de pression de vapeur égales en gros ou plus faibles que celles de l'argent à une température donnée. Comme exemples de matières ayant ces qualités, on a l'étain, l'antimoine, l'indium, le plomb, le zinc, le manganèse et le bismuth.

Il n'est pas nécessaire que la matière soit formée entièrement de ces métaux. Un alliage ou un mélange contenant un tel métal donne satisfaction pourvu que le métal soit en proportion suffisante pour maintenir le courant de rupture brusque, même lors de la coupure des pointes de courant inférieures à 50 ampères, à une valeur maximum acceptable, par exemple 4 ampères.

Quant à la nécessité pour la matière d'être exempte de gaz sorbés et contaminants, il faut que si la matière est placée dans une chambre à vide d'essai, de quelques litres de volume, et que si elle est érodée profondément par des arcs électriques répétés, la pression dans la chambre, quelques périodes après l'arcage, reste au moins aussi basse qu'au départ, même en l'absence de getters et de pompes, et même avec une pression de départ de l'ordre de  $10^{-5}$  mm de mercure. Les contacts de l'interrupteur comportant l'invention doivent, au moins dans les régions d'amorçage de l'arc, avoir ce degré de gaz sorbés.

Si l'intensité maximum acceptable pour le courant de rupture brusque est inférieure à 4 ampères et atteint par exemple 2 ampères, il faut utiliser pour la région d'amorçage une matière qui possède les exigences ci-dessus et qui, en plus, contient comme métal constituant à haute pression de vapeur, un métal dont les caractéristiques de pression de vapeur soient au moins aussi bonnes que celles du plomb. Comme métaux de cette catégorie, il y a le

plomb, le bismuth et l'antimoine. Si ce métal à forte pression de vapeur est combiné ou allié avec d'autres métaux, le métal à haute pression de vapeur doit être en proportion suffisante pour maintenir sûrement le courant de rupture brusque, même pour les coupures de courant dont la pointe est inférieure à 50 ampères, à une valeur acceptable, ici 2 ampères.

Pour résoudre le problème du courant de rupture brusque avec des contacts glissants faits en métaux à faible pression de vapeur tels que l'argent et le fer, il faut allier l'argent, utilisé pour un des contacts, avec un premier métal à pression de vapeur élevée et qui est non miscible avec le fer, et il faut allier le fer utilisé pour l'autre contact avec un second métal à pression de vapeur élevée qui soit non miscible avec l'argent et avec le premier métal à forte pression de vapeur. Par exemple, si le premier métal à forte pression de vapeur est le cadmium, le second métal à forte pression de vapeur est le bismuth. Ainsi, l'un des contacts est fait en alliage argent-cadmium et l'autre contact en alliage ou mélange fer-bismuth. Le cadmium sur un des contacts produit une pression de vapeur suffisante au cours de l'arc à faible courant (inférieur à 50 ampères en pointe) pour maintenir le courant de rupture brusque inférieur à 4 ampères lorsque ce contact agit comme cathode, et le bismuth dans l'autre contact, produit une pression de vapeur suffisante durant cet arc à faible courant, pour maintenir le courant de rupture brusque à une valeur acceptable lorsque ce contact particulier agit comme cathode. Comme le cadmium n'est pas miscible avec le fer et avec le bismuth, et qu'il est un métal du sous-groupe B, il ne forme pas de soudures solides avec soit le fer, soit le bismuth de l'autre contact, et ainsi n'introduit aucun problème notable de frottement. De même, puisque le bismuth ajouté n'est pas miscible avec l'argent et avec le cadmium, et qu'il est un métal de sous-groupe B, il ne forme aucune soudure solide avec soit l'argent, soit le cadmium de l'autre contact et, ainsi n'introduit aucun problème notable de frottement. Un alliage argent-cadmium satisfaisant est une solution solide contenant 15 % de cadmium, et un mélange fer-bismuth satisfaisant contient environ 20 % de bismuth.

Dans l'interrupteur conforme à l'invention, les doigts de contact 42 sont faits en alliage argent-cadmium décrit ci-dessus, tandis que la fiche de contact 41 est faite en mélange fer-bismuth donné ci-dessus. Il est entendu que le mélange fer-bismuth peut aussi bien être utilisé, pour les doigts, et l'alliage argent-cadmium, pour la fiche de contact. La tige support 43, ou au moins sa surface recevant les doigts de contact, est faite en un métal qui a une forte résistance au grippage par rapport aux métaux des doigts de contact. Par exemple, le

fer est utilisé de préférence, pour la surface de la tige 43 recevant les doigts, si les doigts sont en argent-cadmium.

Bien qu'on préfère que les deux contacts glissant soient faits en une matière contenant un constituant à forte pression de vapeur, il est permis dans certains cas exceptionnels d'utiliser une telle matière pour un seul des contacts. Un tel cas est celui où l'on peut savoir qu'un seul contact agira toujours comme cathode. Dans ce cas, seule la matière de ce contact contiendra un constituant à forte pression de vapeur. Par exemple, si le contact en argent-cadmium doit toujours être cathode, l'autre contact peut être seulement en fer, ou si le contact en fer-bismuth sert toujours de cathode, l'autre contact peut être seulement en argent. Un autre type d'interrupteur dans lequel seulement un des contacts a besoin de contenir un constituant à forte pression de vapeur, est un interrupteur dans lequel l'intervalle d'arc est si court que l'anode peut fournir une pression de vapeur suffisante pour maintenir le courant de rupture brusque à une valeur acceptable. Pour ce dernier type d'interrupteur, l'un ou l'autre des contacts peut être en argent-cadmium et l'autre en fer seul, ou comme variante, l'un ou l'autre en fer-bismuth, et l'autre en argent seul. Comme autre exemple, un des contacts peut être en argent-indium, et l'autre en fer seul, puisque l'indium, métal à pression de vapeur suffisante pour maintenir le courant de rupture brusque à une valeur acceptable, n'est pas miscible avec le fer.

Comme signalé précédemment pour les éléments non miscibles, à savoir une bonne résistance au grippage, une autre nécessité supplémentaire doit être exigée. Cette nécessité est qu'au moins un métal de chaque combinaison possible de métaux des contacts opposés, soit du sous-groupe B de la table périodique. La liaison entre les métaux du sous-groupe B avec les autres a tendance à être moins métallique et par suite plus fragile que la liaison entre les métaux du sous-groupe A. Cette fragilité rend ces liaisons plus facilement brisables et par suite réduit la résistance au frottement et la tendance au grippage. Cette exigence que l'un des métaux de chaque paire possible de métaux soit du sous-groupe B, de la table périodique se trouve dans la combinaison des contacts argent-cadmium, fer-bismuth, par le fait que l'argent, le cadmium, et le bismuth sont des métaux du sous-groupe B. L'indium, mentionné précédemment, est aussi un métal du sous-groupe B.

Un autre exemple de combinaison de métaux remplissant les exigences de non-miscibilité, de sous-groupe B et de pression de vapeur suffisante pour un courant de rupture brusque inférieur à 4 ampères, est une paire de contacts dans laquelle un des contacts est en argent-plomb, et l'autre en fer-

manganèse. Encore un autre exemple est l'argent-bismuth avec le fer-manganèse.

Contrairement à la forte résistance au grippage des métaux satisfaisant aux exigences de non-miscibilité et d'être du sous-groupe B, les métaux qui sont miscibles l'un avec l'autre ont ordinairement une faible résistance au grippage. Même les métaux qui sont non miscibles l'un avec l'autre ont ordinairement une faible résistance au grippage, si les deux métaux sont tous deux des métaux du sous-groupe A. La raison probable de cette faible résistance au grippage des métaux miscibles du sous-groupe A est que les jonctions soudées, formées entre les saillies sur les surfaces de glissement sont plus solides que celles plus faibles des métaux de base. Comme résultat, l'action de frottement, au lieu de cisailer ces jonctions à leur surface de séparation, produit une action de glissement ou de flexion qui arrache les particules du métal de base et cause rapidement le grippage. Si les jonctions soudées, formées sont fragiles et plus faibles que le métal de base, alors les jonctions seront cisailées à leur surface de séparation, et la résistance au grippage sera grande. Un autre moyen d'apporter de la fragilité et de la faiblesse à ces jonctions est d'employer pour les contacts opposés, des métaux qui forment des composés intermétalliques bien définis l'un avec l'autre, comme le fer et l'antimoine. L'antimoine, si on veut, peut être allié à l'argent pour procurer les propriétés mécaniques améliorées à celui-ci. Les composés intermétalliques sont connus pour être fragiles, et cette fragilité entraîne la faiblesse des jonctions en question, leur permettant de se briser plus facilement. On a supposé, dans ce dernier exemple que dans cette application un seul des contacts a besoin d'un métal à forte pression de vapeur pour limiter le courant de rupture brusque.

Pour libérer les surfaces intérieures des interrupteurs conformes à l'invention des gaz sorbés contaminants, il faut soumettre l'interrupteur à une cuisson à haute température; une température minimum est de 500 °K. Des températures de cet ordre, entraînent la vaporisation de certaines matières à un point tel que l'isolant de l'interrupteur se recouvrira nuisiblement de métal par la condensation des vapeurs. Pour cette raison on évite les matières ayant une pression de vapeur supérieure à  $10^{-3}$  mm de mercure à 500 °K. Le cadmium pur est une telle matière. Cependant le cadmium peut être allié avec d'autres métaux tels que l'argent pour former des matières ayant une pression de vapeur suffisamment basse, c'est-à-dire inférieure  $10^{-3}$  mm de mercure à 500 °K.

Quoique la description précédente soit destinée surtout aux contacts du type à glissement, certains aspects plus larges de l'invention sont capables aux contacts du type en bout. Bien qu'il y ait peu

ou pas de glissement dans cette disposition des contacts pour produire des soudures ou grippages, ces problèmes peuvent se présenter dus à des facteurs tels que le collage des contacts, en particulier sous les courants intenses. Cette tendance au soudage des contacts peut être diminuée par l'emploi pour les contacts opposés bout à bout, de matières différentes ayant les caractéristiques indiquées ci-dessus, en combinaison avec des moyens magnétiques pour éloigner les arcs de courant intense des surfaces de contact, afin d'empêcher le transfert d'une quantité appréciable de métal sur la surface de contact de l'autre contact. Cela est représenté sur la figure 6 où deux contacts 60 et 62 en forme de disque annulaire sont représentés dans la position fermeture. Chaque contact porte une région annulaire de contact 66 qui bute contre la région annulaire de contact de l'autre contact dans la position fermeture. Ces régions formant contact sont faites en des métaux différents désignés précédemment pour diminuer la tendance au soudage entre eux. De plus, chaque contact a un défoncement central 67 qui contraint le courant circulant à travers les surfaces 66 à s'écouler radialement suivant un trajet en forme de boucle, indiqué par la ligne pointillée L. L'effet magnétique du courant circulant selon ce trajet L, est d'allonger la boucle et de conduire hors des régions de contact 66 tout arc d'intensité assez élevée pour transférer une quantité appréciable de métal, d'un contact à l'autre. Cela protège chacune des régions de contact 66 de l'accumulation du métal de l'autre

contact. L'effet magnétique de la boucle force aussi les vapeurs métalliques formées sur les contacts à s'éloigner des régions de contact 66, diminuant ainsi encore l'accumulation de métal provenant de l'autre contact sur l'une ou l'autre des surfaces de contact.

Quoiqu'on ait décrit une réalisation particulière l'invention, il est évident que bien des changements et modifications peuvent être faits sans sortir du domaine de l'invention.

#### RÉSUMÉ

Dans les interrupteurs à vide pour courant alternatif, structure de contact à glissement, caractérisée par la présence de doigts mobiles sur l'électrode fixe et d'une fiche de contact pour l'électrode mobile, venant glisser sur les doigts mobiles; les contacts sont en métaux non miscibles comme l'argent et le fer, comportant chacun un métal additionnel à forte pression de vapeur tels que le cadmium et le bismuth respectivement, permettant aux contacts de ne pas gripper sous le frottement, tout en donnant à l'interrupteur un courant de rupture brusque très faible; la forme des doigts et de la fiche mobile de contact oblige le courant à suivre une boucle fournissant une action magnétique de déplacement de l'arc hors des surfaces d'amorçage, diminuant encore ainsi la tendance au grippage.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON

Boulevard Haussmann, 173. Paris



